

【239】

氏名	ISMAIL ALTUNCU
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第1781号
学位授与の日付	平成10年3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文題目	Improving Control Performance of a Pneumatic Manipulator and Shock Absorption in Impact Force Control 空気圧マニピュレータの制御性能向上と衝突力制御における衝撃力緩和
論文審査委員	教授 則次 俊郎 教授 大崎 紘一 教授 井上 昭 教授 鷲尾 誠一 教授 田中 豊

学位論文内容の要旨

The aim of this study is introducing advantageous features of pneumatic actuators to robot designers. Pneumatic driving systems have extra compliance that inherits from air compressibility, which can be utilized in constrained tasks with contact and collision with the environment. The compliance comes from the air compressibility plays a remarkable role of being a shock absorber in collision of the robot manipulator with the environment. A motion control system is designed for a pneumatic SCARA type industrial robot to improve its control performance in trajectory tracking task. A pressure control system is developed to improve pressure response of the pneumatic actuation system. To enhance the motion control performance feedforward control and disturbance observer are employed. According to the experimental results, it is found that the disturbance observer has estimated even unknown disturbances and compensated them. A learning control scheme is proposed for impact force control based on controlling the approach velocity of the manipulator. Experiments were implemented to validate velocity tracking and impact control performances of the designed control systems. It is found that pneumatic actuator can absorb shock and vibration effects coming up with the impact, that are not desired for mechanical systems. The shock absorption ability in joint system of human body is pretended by pneumatic actuators. It is proved that pneumatic manipulators can be used in impact tasks safely. Thus, future robots going to be used in heavy and constrained tasks should use pneumatic actuators to improve their power, safety and endurance.

論文審査結果の要旨

本研究の目的は、ロボットの設計において空気圧アクチュエータの効果的な利用を促進することである。空気圧駆動システムは、空気の圧縮性による固有のコンプライアンス(柔軟性)を有するため、作業対象物との接触や衝突を伴う作業への応用が期待される。空気の圧縮性によるコンプライアンスはロボットマニピュレータと対象物との衝突時に発生する衝撃の緩和などに有効であるが、反面、空気の圧縮性は種々の非線形特性や圧力応答の遅れをもたらすため高度な制御性能を実現するためには不利である。そのため、空気圧システムのコンプライアンスの活用と制御性能の確保を両立させるためには、適切な制御手法を導入する必要がある。そこで、本研究では、空気圧システムの制御に効果的と考えられるいくつかの制御手法を提案するとともに、これらを空気圧ロボットの衝突力制御に応用し、その有効性を理論と実験により確認している。

第1章では、本研究で制御対象とした空気圧ロボットの概要を述べるとともに、本研究の目的、本論文の内容について記述している。

第2章では、圧力制御系を構成することにより空気圧アクチュエータの性能向上を実現し、これに基づいてロボットの運動制御系を構成している。運動制御系の構成において、摩擦力や負荷外力などの影響を補償するためフィードフォワード制御手法と外乱オブザーバを用いた制御手法を適用し、外乱オブザーバを用いた制御手法は未知外乱やパラメータ変動に対してロバストな制御系を構成するためにきわめて有効であることを示している。

第3章では、空気圧ロボットを各種の打撃動作へ応用することを目的として、衝突力制御を実施している。問題とする力が衝突速度に比例することに注目し、速度制御系をベースとした衝突力制御系を構成している。ここで、打撃は瞬時の現象であるため、通常のカフィードバック制御の適用は困難である。そのため、繰り返し打撃動作を想定した学習制御手法を導入している。これは、過去の衝突力の制御誤差を考慮して、速度制御系への指令速度を更新するものである。実験により、提案する衝突力制御手法の有効性を確認するとともに、空気圧アクチュエータのコンプライアンスが衝突に伴うロボット本体の衝撃の緩和にきわめて効果的であることを示している。

第4章では、第3章に引き続き、衝突力制御について論じている。ここでは、制御性能の向上を目的として、圧力制御系に可変ゲイン制御を導入している。これは、空気圧アクチュエータの位置依存性を補償することにより、アクチュエータの動作領域内で同一の圧力応答を実現するものである。本手法の導入により、衝突速度制御系の制御精度が向上し、その結果、衝突力の制御性能も大きく向上している。

第5章では、本論文の内容をまとめるとともに、空気圧ロボットは、その柔軟性により人間の腕のような衝撃吸収機能を有するため、これまでの通常の電動ロボットでは容易でなかった各種の打撃動作を実現するためにきわめて有効であるとの結論を与えている。

以上の論文内容、参考論文などを総合的に審査し、本研究は学術上ならびに実用上の寄与が大きく、博士(工学)の学位論文に値するものと判断した。